



УДК 69.055.4

Научная статья

https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-51-61



Устойчивое развитие участка застройки с учетом экологической безопасности в городских условиях

С.Е. Манжилевская

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1


✉ smanzhilevskaya@yandex.ru

Аннотация

Введение. Устойчивая система проектирования территории застройки требует интеграции многих видов информации, обеспечения постоянного участия пользователей и членов сообщества, а также различных специалистов на протяжении всего жизненного цикла здания. При целостном подходе к проектированию акцент делается на функциональную взаимосвязь между различными частями здания или комплекса в целом, что увеличивает сложность проекта. Ключевым принципом, лежащим в основе устойчивых зданий, является комплексный процесс проектирования с учетом принципов экологической безопасности.

Данная статья сосредоточена на анализе методологии управления и организации, применяемой строительными специалистами в рамках устойчивого строительства. Проектирование, организация и обустройство строительной площадки для проведения работ по реконструкции здания или крупномасштабной застройки в границах городской территории требуют разработки мероприятий и решений по хранению и использованию токсичных химических веществ, определения места сбора, утилизации опасных отходов, очистки сточных вод — результатов функционирования предыдущего сооружения или комплекса. Все эти факторы нуждаются в соответствующем мониторинге, оценке риска и мер экологического восстановления земельного участка, когда первоначальные объекты, территории меняют свой функционал и перестраиваются на объекты, оказывающие влияние на окружающую среду.

Материалы и методы. Разработка принципов устойчивого проектирования строительных площадок объектов капитального строительства на территориях, подвергавшихся длительному воздействию в процессе функционирования предыдущих зданий и сооружений, требует проработки алгоритмов, методик оценки и мониторинга экологической ситуации на строительной площадке. Реализация данных решений нуждается в анализе источников загрязнения, длительности воздействия, характера и степени загрязненности почвенного слоя строительной площадки. Разработка современных управленческих, организационно-технологических решений позволит минимизировать процессы восстановления территории и создания устойчивого строительного производства.

Результаты исследования. В результате проведенного исследования были разработаны алгоритмы оценки экологического состояния почвенного слоя строительной площадки, рекомендации для методики оценки и мониторинга экологического состояния участка застройки с целью организации устойчивого проектирования организационно-технологических решений в инвестиционно-строительном проекте.

Обсуждение и заключения. Внедрение процессов устойчивого проектирования в инвестиционно-строительный проект по сохранению почвенного слоя участка строительства, контроль и оценка его состояния позволяют избежать дополнительных издержек, связанных с отсутствуем необходимости рекультивации грунта, покупки грунта, имеющего отличающийся химический состав от изначально сложившегося на конкретной территории, и обеспечить максимально возможное сохранение растительности.

Ключевые слова: жизненный цикл проекта, устойчивое строительство, управление стоимостью, инвестиционно-строительный проект.

Для цитирования: Манжилевская С.Е. Устойчивое развитие участка застройки с учетом экологической безопасности в городских условиях. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2023;2(2):51–61. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-51-61

Original article

Sustainable Development of a Build-Up Area Taking into Account the Environmental Safety in Urban Conditions

Svetlana E Manzhilevskaya

Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, Russian Federation

mikhailsavin99@gmail.com

Abstract

Introduction. The sustainable design system of a built-up area requires integration of many types of information and ensuring the constant involvement of users, community members and various specialists throughout a building's life cycle. The holistic designing approach implies focusing on the functional relationship between different parts of a building or a building complex as a whole that increases the complexity of a project. The key principle underlying sustainable buildings is an integrated design process taking into account the principles of environmental safety.

The present article focuses on the analysis of the managerial and organizational methodology used by the civil engineering professionals in the context of sustainable construction. The design, management and arrangement of a construction site for a building's reconstruction or a large scale build-up within the urban area boundaries require the development of measures and solutions for the storage and use of toxic chemicals, allocating the places for hazardous wastes collection and disposal, wastewater treatment – the results of operation of a previous structure or a building complex. All these factors need appropriate monitoring, assessment of risks and measures of ecological recovery of a land plot, in cases when the original objects and territories change their functional designation and are rebuilt into objects having impact on the environment.

Materials and Methods. The development of sustainable design principles for arranging a construction site of capital construction facility on the areas that were exposed to long-term impact during the previous buildings' and structures' operation requires working-out the algorithms, methodology for assessment and monitoring the environmental situation on a construction site**.** The implementation of the present solutions requires the analysis of the sources of pollution, the duration of exposure, the nature and degree of construction site' soil layer pollution. The development of modern managerial, organisational and technological solutions will minimise the processes of territory recovery and create sustainable construction operations.

Results. As a result of the conducted research there were developed: the algorithms for assessing the ecological state of a construction site soil layer, the recommendations on the methodology for a build-up area ecological state assessment and monitoring aimed at setting the sustainable design of the organisational and technological solutions within an investment and construction project.

Discussion and Conclusions. The implementation of the sustainable design processes in the investment and construction project on a build-up area soil layer preservation, the monitoring and assessment of its state enable avoiding extra costs due to the absence of the need for soil reclamation and purchase of soil of a different chemical composition from that originally formed in a particular area, and due to ensuring maximum possible preservation of vegetation.

Keywords: project life cycle, sustainable construction, cost management, investment and construction project.

For citation. Manzhilevskaya SE. Sustainable Development of a Build-Up Area Taking into Account the Environmental Safety in Urban Conditions. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2023;2(2):51–61. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-51-61

Введение. Социальные и экологические проблемы, с которыми сталкиваются сегодня участники инвестиционно-строительных проектов, доказывают, что устойчивое развитие на различных этапах жизненного цикла зданий и сооружений или целых комплексов, возводимых на городских территориях, в том числе, где располагались производственные комплексы, заводы, цеха, здания СТО, автозаправочные станции, является и в ближайшие десятилетия будет самой постоянной темой для обсуждения между гражданами, политиками, предпринимателями, девелоперами, инвесторами, бизнес-лидерами, экспертами, аудиторами и т. д. [1, 2]

Проектирование, организация и обустройство строительной площадки для проведения работ по реконструкции здания или крупномасштабной застройки в границах городской территории требуют разработки мероприятий и решений по хранению и использованию токсичных химических веществ, определения места сбора, утилизации опасных отходов, очистки сточных вод — результатов функционирования предыдущего сооружения или комплекса. Все эти факторы нуждаются в соответствующем мониторинге, оценке риска и мер экологического

восстановления земельного участка, когда первоначальные объекты, территории меняют свой функционал и перестраиваются на объекты, такие как жилые дома, магазины, школы, детские сады, больницы, дома престарелых, игровые площадки, парки, стадионы, выставочные здания и т. д.

Почва — это основа жизни на нашей планете. Она состоит из твердых минералов, воды, воздуха и органических веществ. Очищенная почва сама по себе является важным компонентом устойчивого строительства в целом и строительной площадки в частности. Однако почва играет в здоровье экосистем гораздо более важную роль, представленную на рис. 1 [3, 4].

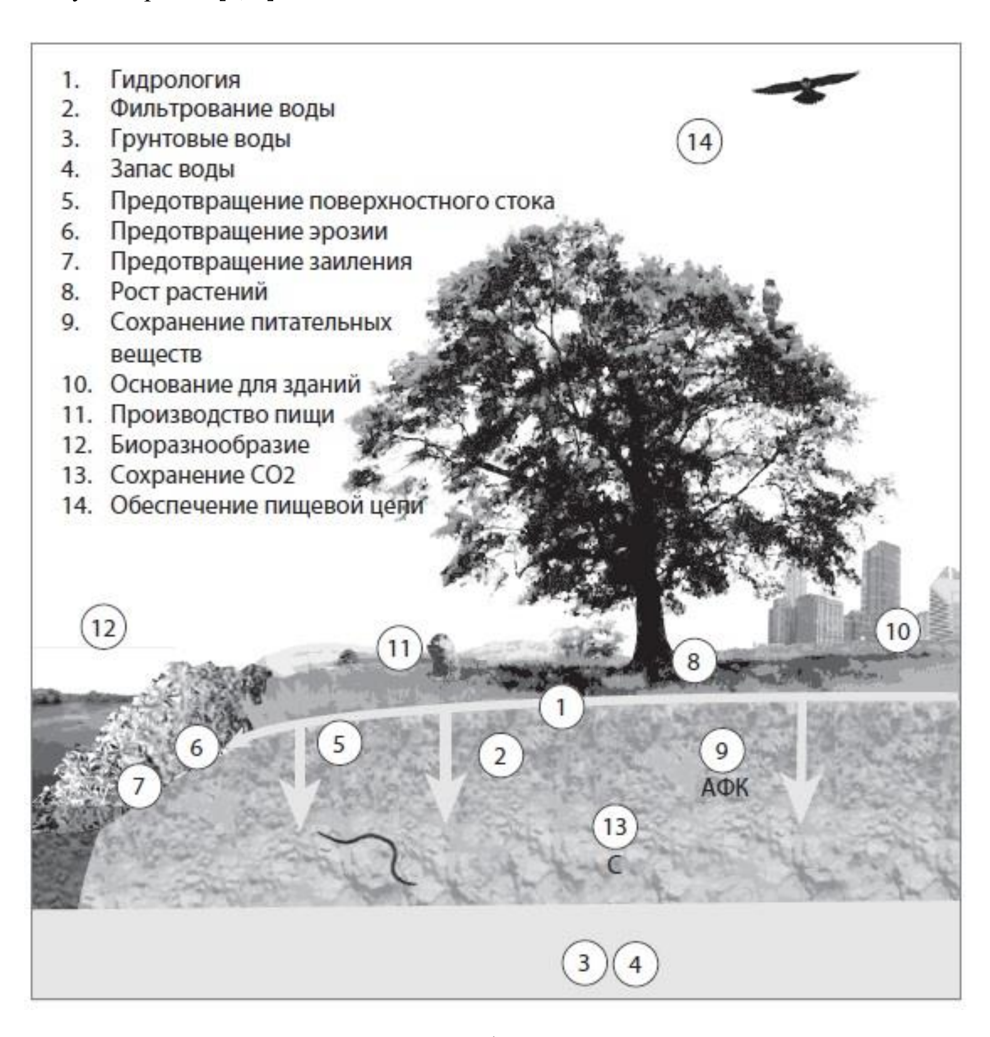


Рис. 1. Основные экологические функции, выполняемые почвой [3]

К функциям почвы относится:

– защита качества воды и ее запасов. Она фильтрует и удерживает воду, помогая очищать загрязненную воду и уменьшать сток, эрозию, отложение осадков и наводнения;

– накопление углерода и поддержание здоровой популяции микроорганизмов;

– сокращение затрат (орошение, пестициды, удобрения), которые в противном случае могли бы потребоваться для поддержания растительного слоя;

– помощь деревьям в быстром достижении желаемого размера.

Полезные свойства почвенного слоя, однако, формируются медленно, и многие его преимущества могут быть легко утрачены во время застройки участка и в течение долгого эксплуатационного срока промышленных зданий и сооружений, которые располагались на участке.

Структура и качество почвы могут быть повреждены из-за эрозии, уплотнения, перемещения, загрязнения и чрезмерного удобрения.

Таким образом, двойными целями управления восстановлением почвенного слоя для устойчивого развития инвестиционно-строительного проекта являются:

– защита существующего почвенного слоя (задаваясь его желаемыми свойствами);

– восстановление почвы с нежелательными свойствами [5, 6].

Достижение этих целей требует экологического обследования участка после демонтажа здания, эксплуатация которого нанесла вред почвенному слою городской территории, защиты этого почвенного слоя и научных предложений по созданию условий, в которых почва может восстановиться и обогатиться для устойчивого развития будущей городской застройки. Тщательная оценка участка, проектирование и строительство позволяют внести наибольший вклад в устойчивость участка за счет почвы.

Конечная цель инструментов оценки устойчивости — более целостно подходить к характеристикам здания и проводить многоэтапный экологический мониторинг на различных этапах жизненного цикла возводимых объектов, начиная на стадии технико-экономического обоснования и разработки инвестиционных решений до мониторинга уже в процессе эксплуатации. Таким образом, внедрение руководящих принципов устойчивого развития, методов и решений по экологическому обследованию и восстановлению земельных участков для будущих возводимых объектов с функционалом, отличным от предыдущего функционала объектов, располагавшихся на территории застройки, может быть использовано заказчиком в качестве инструмента для обеспечения продвижения интегрированной рабочей среды, сохранения целенаправленности и организации всего процесса проектирования и строительства [7, 8].

Материалы и методы. Интегрированную рабочую динамику может быть трудно реализовать, когда вся строительная команда не намерена отказываться от следования традиционным методам работы, когда этапы проектирования и строительства понимаются как линейные процессы, а отдельные специалисты, такие как архитекторы и инженеры, работают по своим специальностям несколько изолированно друг от друга.

Ключевым принципом, лежащим в основе устойчивых зданий, является комплексный процесс проектирования с учетом принципов экологической безопасности [9]. Этот подход отличается от обычного проектирования тем, что на начальном этапе проекта создается многопрофильная команда с высокой степенью сотрудничества, которая дает этой команде возможность понимать и развивать все аспекты территории застройки (функциональность здания, дизайн земельного участка и его эксплуатацию) с целью поддержания устойчивых положительных экологических факторов, реализация которых начинается уже на ранних стадиях обоснования проекта.

В традиционном процессе проектирования каждый строительный специалист участвует, когда это необходимо, создавая рабочие островки, которые приводят к неэффективной координации и плохой коммуникации. В отличие от этого, интегрированный процесс проектирования основан на концепции, согласно которой лучшие идеи появляются, когда участники пересекают обычные границы, потому что их взгляды не так ограничены привычным способом выполнения задач [10]. Поскольку крупные инвестиционно-строительные проекты обычно занимают большие площади, они, скорее всего, будут включать сопутствующие работы по сносу и реконструкции сооружений. И тогда оценка территории становится необходимостью для нового проекта с целью снижения или полной ликвидации негативного воздействия, оставленного от предыдущего объекта. Оценку загрязненности территории следует поручить сертифицированной организации и руководствоваться следующей технологической схемой оценки, представленной на рис. 2 [11].

Экологическое обследование строительной площадки.

Для реализации рационального подхода к экологическому обследованию территории, предназначенной по инвестиционно-строительному проекту к реконструкции или возведению нового объекта, например, жилого комплекса, данную процедуру можно разделить на три этапа.

1. Первый этап — это первичная идентификация загрязнения участка.
2. Второй этап связан с экологическим обследованием участка, в котором в основном используется метод профилирования отбора проб для подтверждения загрязнения участка, а также типа, степени и объема загрязнения.
3. Третий этап в основном должен включать в себя дополнительный анализ и запрос данных для удовлетворения потребностей в анализе, связанном с оценкой рисков и процессом восстановления почвы и подземных вод, атмосферного воздуха. Рабочий процесс экологического обследования показан на рис. 3 [12].

Первый этап заключается в выявлении загрязнения с помощью сбора данных, осмотра места и опроса персонала. Отбор проб на месте не включен в этот этап. Если в прошлом и в настоящее время на объекте или прилегающих территориях не было источников загрязнения, то условия окружающей среды на объекте являются приемлемыми, и обследование может закончиться на этом.

Второй этап состоит из анализа проб для проверки загрязнения. Следует исследовать тип, степень и объем участка загрязнения, если на участке и прилегающей территории имеются возможные источники загрязнения, которые могут производить токсичные или опасные вещества, такие как химический завод, фабрика по производству пестицидов, плавильный завод, автозаправочная станция, резервуары для хранения химических веществ, места захоронения твердых отходов и т. д. Кроме того, если визуально невозможно определить, существуют ли внутренние и внешние источники загрязнения, объект также должен быть исследован. Второй этап

обычно можно разделить на предварительный анализ и детальный анализ, и каждый этап включает в себя рабочий план, отбор проб на месте, оценку данных и анализ результатов. Каждый шаг может выполняться поэтапно, чтобы постепенно уменьшить неопределенность результатов обследования в соответствии с реальной ситуацией. Согласно предварительным результатам анализа проб, если концентрация загрязняющего вещества не превышала национальный или местный показатели ПДК (предельно допустимые концентрации) и фоновые значения ПДК, а также анализ неопределенности подтвердил, что они не требуют дальнейшего исследования, то второй этап может быть завершен. В противном случае считается, что существуют потенциальные экологические риски, и участок нуждается в детальном анализе образцов. Кроме того, необходимо определить загрязнение, которое не входит в стандарт, в соответствии с профессиональными знаниями и опытом. Детальный анализ проб, основанный на предварительном анализе проб, дополнительно определяет степень и объем загрязнения.

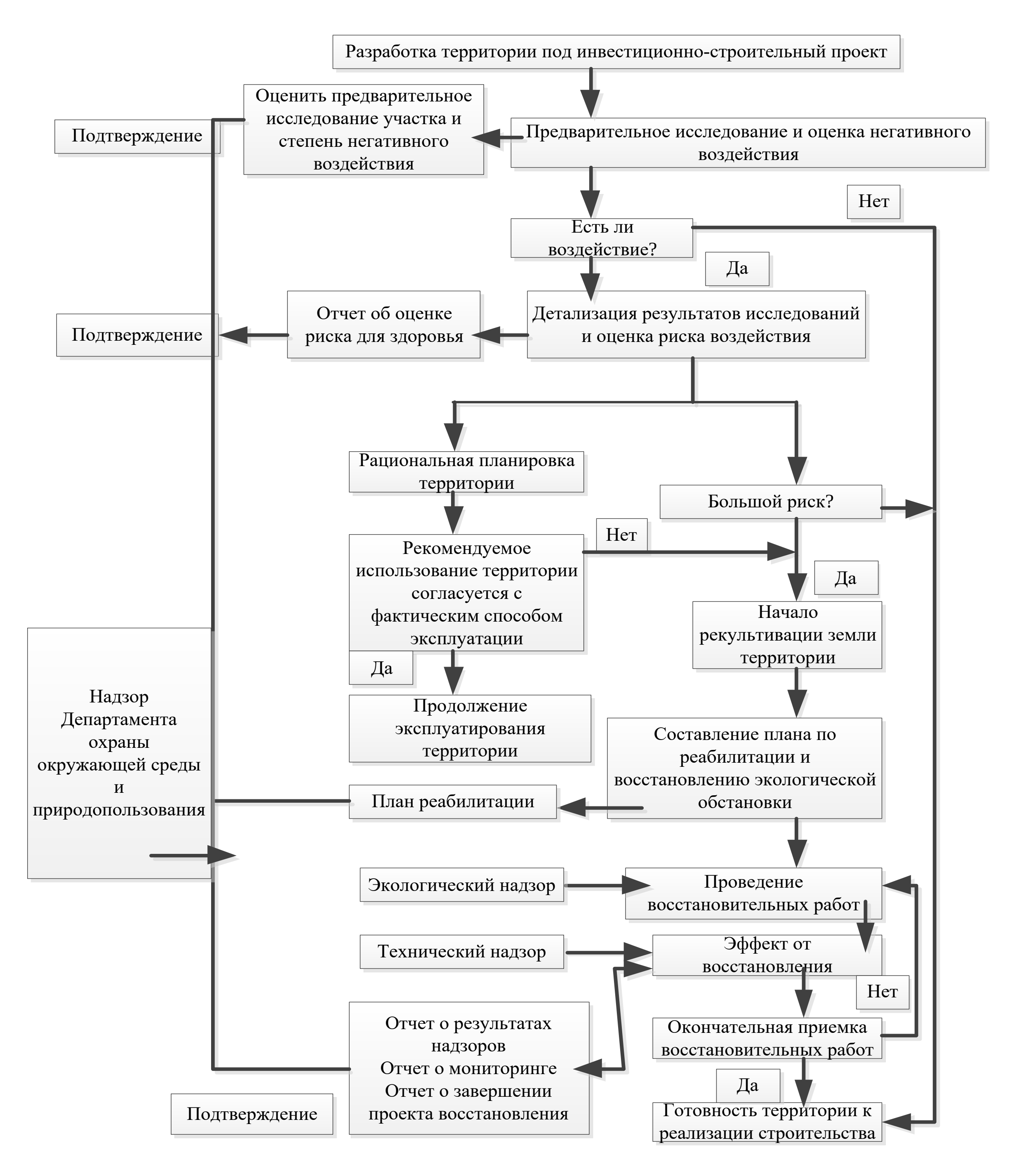


Рис. 2. Базовая технологическая схема оценки территории [11]

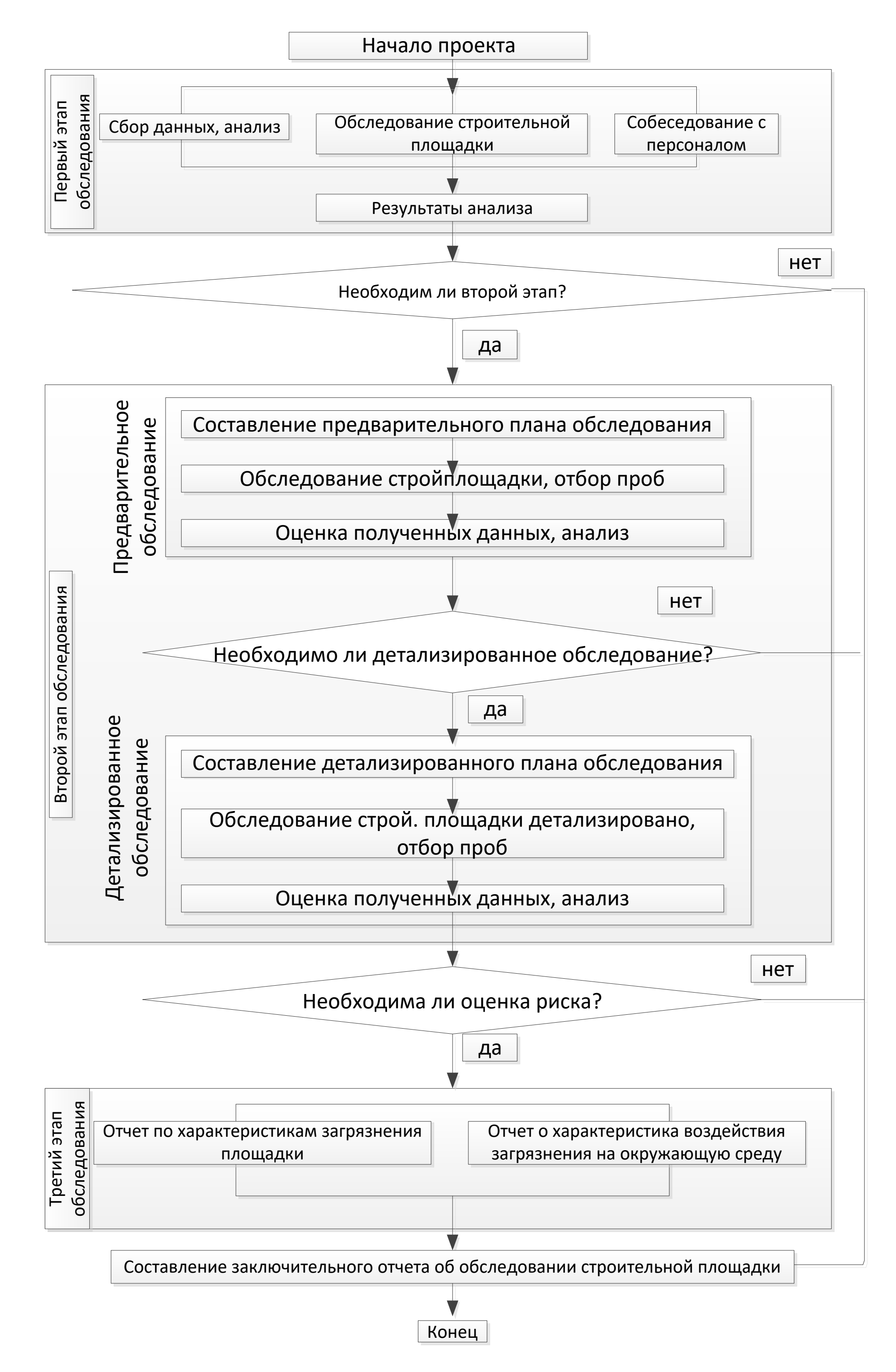


Рис. 3. Алгоритм проведения экологического обследования

Если существует необходимость в оценке риска и устранении загрязнения, следует провести третий этап. Третий этап состоит из дополнительной выборки и тестирования с целью получения необходимых параметров для оценки риска восстановления почвы и подземных вод. Этот этап может проводиться независимо или может быть одновременно проведен на втором этапе.

Результаты исследования. Преимущества включения экологического обследования земельного участка в процесс устойчивого проектирования и строительства:

– защита и обеспечение всего экологического функционала почвенного слоя. Например, значительным преимуществом, обеспечиваемым почвами, является накопление углерода. Разработка и рекультивация земли может разрушить структуру почвы и ускорить разложение, что приведет к потерям углерода в атмосферу. Кроме того, стратегическая выгода от здоровой ненарушенной почвы — способность к инфильтрации и накоплению воды;

– инвестиции в почвенный слой территории застройки создадут возможности для повышения устойчивости в других аспектах участка. Защита и восстановление почв, особенно сильно загрязненных, принесет целый ряд косвенных выгод, таких как рост растительности, естественное озеленение территории и сокращение потребностей в орошении;

– создание условий для защиты почвенного слоя и почвообразования на длительный срок. Возможно, строительство гражданского объекта (школы, многоквартирного дома, детского сада) может уменьшить воздействие на почвенной слой, но полностью восстановиться за очень короткий срок он не сможет. Хорошая степень восстановления создаст условия (поступление органического вещества, активность корней и т. д.), которые со временем приведут к образованию высококачественной, хорошо структурированной почвы.

Первым шагом в создании устойчивого участка земли для строительного производства является оценка территории — оценка экологических ограничений и возможностей в контексте предполагаемой функции территории. Исходные данные и данные, полученные в ходе оценки должны послужить основой для планировки и проектирования строительного производства на выбранном участке. Процессы утверждения инвестиций, проработки проекта, инженерной подготовки строительной площадки, производства строительно-монтажных работ и, в дальнейшем, даже эксплуатации, должны учитывать ресурсы участка застройки, используя возможности и работая с ограничениями, которые они представляют. Потенциал участка по реализации экологического функционала нельзя игнорировать, если стоит задача достичь устойчивости. Таким образом, здания и дороги не могут быть размещены до того, как будут изучены характеристики почвы. Проектная группа должна иметь четкое представление о том, что можно и нужно извлечь из оценки грунтов участка и когда необходимо вернуться за более подробной информацией.

Следующий шаг заключается в определении типа и качества почвенных слоев, существующих на участке. Вопросы для обследования должны включать:

1. Где был нарушен почвенный слой и каким образом?
2. Где почва в здоровом состоянии? Здоровые почвы должны иметь высокий приоритет в плане защиты и сохранения.
3. Где есть почвы, которые можно восстановить или, по крайней мере, направить на путь развития характеристик здоровых почв в будущем?
4. Существуют ли участки, где почва полностью отсутствует или загрязнены?

Каждая из этих областей представляет различные ограничения и возможности для реализации экологического функционала. Характеристика участков загрязнения территории должна быть определена в ходе предварительной оценки участка в соответствии с критериями, представленными в таблице 1, прежде чем приступить к этапу проектирования.

Таблица 1

Категории почвенных слоев по загрязненности

Категория	Характеристики
Здоровая почва	Краткое определение здоровых почв для всех участков трудно дать, поскольку почвенные слои варьируются в зависимости от климата и региона. Здоровая почва может присутствовать, если: – почвенные горизонты аналогичны эталонному грунту; – как верхний, так и подпочвенный слой почвы не уплотнены; – содержание органического вещества равно или превышает таковое в контрольной пробе почвы; – pH почвы, соленость, способность к катионообмену и содержание минеральных веществ аналогичны исходным характеристикам почвенного слоя.
Минимальный уровень нарушения почвенного покрова	Характеризируется превышением уровня уплотнения в поверхностных горизонтах, но почвы не покрыты непроницаемыми поверхностями и не имеют значительного уплотнения или нарушения подпочвы. Примером может служить почва, которая была уплотнена интенсивным пешеходным движением, но подпочва не тронута.
Средний уровень нарушения почвенного покрова	Распространен вокруг существующих зданий и ранее застроенных участков. К ним относятся участки, где отсутствует верхний слой почвы и где грунт был выровнен (контурная обработка почвы, полувыемка-полунасыпь либо просто чрезмерное движение строительных машин). Подпочвы в районах с умеренным нарушением почвенного покрова будут изменены, уплотнены или перемешаны. Например, горизонты верхнего слоя почвы могут находиться под слоями подпочвы.
Максимальный уровень нарушения почвенного покрова	Данный уровень нарушения почвенного покрова сочетает в себе характеристики среднего уровня нарушения почвенного покрова и заасфальтированных или загрязненных грунтов. Примером может служить грунт под существующим асфальтом или зданиями, а также заброшенные поля.

Характеристики почвенных слоев, выявленные в ходе экологической оценки участка, определят, где необходимо решить проблемы для создания здорового уровня почв, необходимого для устойчивого развития участка. Общая оценка участка и оценка почв могут быть наложены друг на друга для более динамичной интерпретации существующих условий. Информация о состоянии почвенных слоев должна быть проанализирована в отношении и прочей информации об оценке участка, целей инвестиционно-строительного проекта.

Заключительным этапом экологического обследования по обеспечению устойчивости территории строительного производства является рекультивация и восстановление существующих почвенных покровов, грунта.

Методы рекультивации грунта могут быть выбраны в соответствии как с результатами оценки и обследования, так и с целями инвестиционно-строительного проекта. Каждый набор стратегий имеет разный уровень стоимости, сложности и устойчивости. В таблице 2 обобщены различные стратегии для основных групп почвенного покрова и причины их использования.

Таблица 2

Классификация стратегий устойчивого управления почвенными покровами и рекультивации грунта

Цели управления	Стратегия
Сохранение текущего состояния	Если существует почвенный слой в здоровом состоянии, сохранение может быть менее дорогостоящим, а также может защитить существующий функционал почвенного покрова. Необходимо: – сохранять здоровые, функциональные почвенные слои; – сохранять растительность; – защищать от воздействия строительства; – разработать долгосрочный план устойчивого управления земельным участком на протяжении всего жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта.
Рекультивация и восстановление	Если грунт имеет минимальное нарушение или загрязнение, был ранее загрязнен во время строительства, эксплуатации предыдущего объекта, восстановление грунта может быть менее трудоемким и менее дорогостоящим. Необходимо: – восстанавливать почвенные слои по мере необходимости, чтобы восстановить их функции до здорового состояния; – разработать план устойчивого строительства нового объекта с минимальным воздействием на почву; – разработать долгосрочный план устойчивого управления земельным участком на протяжении всего жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта.
Разработать систему дренажей	Если почвенный слой уплотнен или имеет низкую скорость просачивания, которую невозможно устранить путем восстановления почвы, добавление или модификация дренажных систем может помочь отвести воду с участка. Дренажные системы необходимо разрабатывать совместно с другими гидрологическими системами на месте. Необходимо: создать дренаж, изменив уклон или обновить/построить дренажную систему.
Обновление слоя	При крайне плохом состоянии почвенного слоя, для увеличения объема почвы или в рамках стратегии изоляции загрязненных слоев поверх старой почвы, можно насыпать новую почву. Необходимо: – засыпать новой почвой всю площадь площадки; – организовать систему дренажей.
Замена грунта	Замена существующего грунта частично новым или необходимость полного обновления новым грунтом участка, где его не было может быть дорогостоящим выбором, и необходимо рассмотреть стратегии рационального использования старого грунта. Однако это также может быть быстрым и эффективным способом создания условий, необходимых для устойчивого участка, особенно в ограниченных и стесненных городских условиях. Необходимо: – проанализировать причины неблагоприятных результатов эксплуатации существующего грунта, чтобы выяснить, будут ли по-прежнему возникать проблемы или грунт можно обновить; – принять решение согласно проекту обновления грунта и почвенного слоя на участке только в местах, где не будут располагаться здания и сооружения; – определить зоны участка, предназначенные для обновления грунта и почвенного слоя; – определить вид, состав, характеристики нового грунта.
Разрыхление грунта	При недостаточном объеме грунта можно добавить новый или удобрения с другими питательными средами, соответствующими требованиям к функционалу почвенного слоя в соответствии с целями проектирования. Необходимо: – изменить план участка, внести изменения в генплан проекта; – увеличить способность развития корневой системы растений в почве в городских условиях, например, под тротуарами.

Наилучшей практикой для долгосрочного сохранения здоровья почвенных слоев является разработка долгосрочного плана управления территорией застройки. План должен включать предварительные решения технического обслуживания, а также схему режима мониторинга. Мониторинг предоставляет информацию и понимание того, насколько успешным является проект, и как изменения в конструктивных и эксплуатационных характеристиках построенного объекта могут принести пользу здоровью почвы. На первых этапах проекта, при принятии решения о том, какими должны быть цели проекта, следует включить долгосрочный мониторинг и техническое обслуживание.

Мониторинг состояния грунта и почвенных слоев следует проводить на ежегодной основе для определения недостатков и оценки состояния почвы. Задокументированные изменения с течением времени могут послужить основой для корректируемого плана технического обслуживания. Могут измениться режимы внесения удобрений, а также могут потребоваться корректировки дренажных систем, посадок или борьбы со снегом и наледью.

Улучшение состояния почвенного слоя также должно произойти, если почвы были рекультивированы. План восстановления почвы будет иметь в качестве своей цели конкретный результат, и достижение этого результата должно поддерживаться и контролироваться.

Оценка почвенных слоев, проведенная во время предварительной разработки проекта, включая оценку обследования, может быть повторена, чтобы можно было задокументировать любые изменения в состоянии почвенных слоев.

Поддержание и восстановление здоровых почвенных слоев может повлиять на все остальные компоненты устойчивого участка строительства.

Обсуждение и заключения. Цели устойчивого развития становятся все более важными показателями успеха инвестиционно-строительных проектов, что является результатом внедрения различных стандартов планирования и регулирования, особенно в отношении вопросов устойчивого развития, которые в настоящее время применяются для контроля и мониторинга процесса строительства. Более того, из-за необходимости участники строительства также требуют его принятия в строительных проектах. Необходимость исследования для инвестиционно-строительных проектов также объясняется выделением и обсуждением различных форм проектов, которые значительно выиграют от его принятия.

Устойчивая строительная площадка защищает и использует потенциал земельного участка и ценность его экологических характеристик. Химические и физические свойства почвенного слоя участка, предназначенного под организацию строительной площадки меняются с течением времени, особенно если вблизи или на самом участке располагались объекты, чьи производимые вредные вещества годами меняли химический состав почвы.

Гибкость в отношении изменений, основанных на результатах оценки, требованиях к восстановлению и техническому обслуживанию (и даже будущих результатах мониторинга), поможет создать более устойчивую строительную площадку.

Список литературы

1. Bespalov V., Kushnarenko T., Paramonova O. Evaluation of ecological and economic efficiency of environmental management in construction. *E3S Web of Conferences.* 2019;135:04030. https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913504030

2. Versini P.-A., Gires A., Tchiguirinskaia I., et al. Fractal analysis of green roof spatial implementation in European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2020;49:114–122. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126629

3. Ганичева Л.З. Анализ состояния атмосферного воздуха в промышленных городах Ростовской области. *Инженерный вестник Дона*. 2013;2. URL: https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1701 (дата обращения 30.05.2023).

4. Танасийчук О.В., Кирьянова Л.А. *Тепловые электростанции.* В: Сборник статей Международной научно-практической конференции «В мире науки и инноваций» (в 8 частях). Пермь; 2016. С. 178-180.

5. Баева М.Н. Проблема распределения затрат топлива на производство электрической и тепловой энергии. *Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых.* 2013;1(1):44–47.

6. Bespalov V., Kotlyarova E. Analysis of the providing environmental safety supervision in construction and reconstruction of facilities in the urban territories. *MATEC Web of Conferences.* 2017;129:05005. https://doi.org/10.1051/matecconf/201712905005

7. Hritonenko N. *Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment.* New York: Springer Science & Business Media; 2014. 296 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9311-2

8. Gillman M. *An Introduction to Mathematical Models in Ecology and Evolution: Time and Space.* John Wiley & Sons; 2009. 158 p.

9. Щетинина Е.Д., Шемякина А.Е. Определение этапа жизненного цикла продукта и особенности маркетинговых мероприятий на различных этапах жизненного цикла. *Белгородский экономический вестник.* 2021;1(101):59–63.

10. Bespalov V., Gurova O., Volodina M., et al. Analysis of methodological approaches and development of principles for describing properties characterizing the dynamics of the emission and spreading of toxic components of plants of the fuel and energy complex. *MATEC Web of Conferences.* 2018;226:04009. https://doi.org/10.1051/matecconf/201822604009

11. Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Пачурин Г.В. и др. *Экологические проблемы возобновляемых источников энергии: монография.* Нижний Новгород: НГТУ; 2014. 164 с.

12. Чебанова С.А., Азаров В.Н., Азаров А.В. и др. Влияние организационно-технологических решений строительства в стесненных условиях на окружающую среду. *Инженерный вестник Дона*. 2018;1. URL: https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4790 (дата обращения 20.05.2023).

References

1. Bespalov V, Kushnarenko T, Paramonova O. Evaluation of ecological and economic efficiency of environmental management in construction. *E3S Web of Conferences.* 2019;135:04030. https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913504030

2. Versini PA, Gires A, Tchiguirinskaia I, et al. Fractal analysis of green roof spatial implementation in European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2020;49:114–122. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126629

3. GanichevA LZ. Analiz sostoyaniya atmosfernogo vozdukha v promyshlennykh gorodakh Rostovskoi oblasti. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2013;2. Available at: https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1701 (accessed: 30.05.2023).

4. TanasiichuK OV, Kir'yanovA LA. *Teplovye ehlektrostantsii*. In: Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «V mire nauki i innovatsii» (in 8 parts). Perm'; 2016. P. 178-180. (In Russ.).

5. BaevA MN. *Problema raspredeleniya zatrat topliva na proizvodstvo ehlektricheskoi i teplovoi ehnergii. Ehnergo- i resursosberezhenie v teploehnergetike i sotsial'noi sfere: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov, uchenykh*. 2013;1(1):44–47. (In Russ.).

6. Bespalov V, Kotlyarova E. Analysis of the providing environmental safety supervision in construction and reconstruction of facilities in the urban territories. *MATEC Web of Conferences.* 2017;129:05005. https://doi.org/10.1051/matecconf/201712905005

7. Hritonenko N. *Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment.* New York: Springer Science & Business Media; 2014. 296 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9311-2

8. Gillman M. *An Introduction to Mathematical Models in Ecology and Evolution: Time and Space.* John Wiley & Sons; 2009. 158 p.

9. Shchetinina ED, Shemyakina AE. Opredelenie ehtapa zhiznennogo tsikla produkta i osobennosti marketingovykh meropriyatii na razlichnykh ehtapakh zhiznennogo tsikla. *Belgorodskii ehkonomicheskii vestnik*. 2021;1(101):59–63. (In Russ.).

10. Bespalov V, Gurova O, Volodina M, et al. Analysis of methodological approaches and development of principles for describing properties characterizing the dynamics of the emission and spreading of toxic components of plants of the fuel and energy complex. *MATEC Web of Conferences.* 2018;226:04009. https://doi.org/10.1051/matecconf/201822604009

11. SosninA EN, MasleevA OV, Pachurin GV, et al. Ehkologicheskie problemy vozobnovlyaemykh istochnikov ehnergii. Monograph. Nizhny Novgorod: NGTU Publ.; 2014. 164 p. (In Russ.).

12. Chebanova SA, Azarov VN, Azarov AV, et al. Vliyanie organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii stroitel'stva v stesnennykh usloviyakh na okruzhayushchuyu sredu. *Inzhenernyi vestnik Dona.* 2018;1. Available at: https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4790 (accessed: 20.05.2023). (In Russ.).

Об авторе:

Манжилевская Светлана Евгеньевна, доцент кафедры «Организация строительства» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ScopusID, ORCID, smanzhilevskaya@yandex.ru

Поступила в редакцию 01.03.2023.
Поступила после рецензирования 27.03.2023.
Принята к публикации 27.03.2023.

Конфликт интересов
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Authors:
Svetlana E Manzhilevskaya, associate professor of the Construction Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sc. (Engineering), associate professor, ScopusID, ORCID, smanzhilevskaya@yandex.ru

Received 01.03.2023.
Revised 27.03.2023.
Accepted 27.02.2023.

Conflict of interest statement
The author do not have any conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.